

การจำลองการผลิตไฮโดรเจนจากกระบวนการปฏิรูปมีเทนด้วยไอน้ำแบบห้วงเคมี
ที่ส่งเสริมด้วยการดูดซับ

นายสุภสิน วุฒิกุลภักดี รหัสประจำตัว 5701031612054

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปีการศึกษา 2560

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ชื่อ : นายศุภสิน วุฒิกุลภักดี
 ชื่อปริญญานิพนธ์ : การจำลองการผลิตไฮโดรเจนจากกระบวนการปฏิรูปมีเทน
 ด้วยไอน้ำแบบห้วงเคมีที่ส่งเสริมด้วยการดูดซับ
 ภาควิชา : วิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
 อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญา
 นิพนธ์ : ผศ.ดร.สุวิมล วงศ์สกุลเกษัช
 ปีการศึกษา : 2560

(ปริญญานิพนธ์มีจำนวนทั้งสิ้น 59 หน้า)

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ใช้การวิเคราะห์ทางอุณหพลศาสตร์เพื่อศึกษา จำลอง วิเคราะห์ เพิ่มประสิทธิภาพ ปรับปรุง และพัฒนารูปแบบการปรับเปลี่ยนต่าง ๆ ให้กระบวนการปฏิรูประบบไอน้ำโดยมีห้วงเคมีและส่งเสริมด้วยการดูดซับ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของแต่ละชุดการปรับเปลี่ยนในกระบวนการผลิตไฮโดรเจนแบบนี้ อิทธิพลของตัวแปรอิสระ ได้แก่ อุณหภูมิของเตาปฏิรูป (T_{rf}) อุณหภูมิของเตาออกซิไดซ์ (T_{ox}) อุณหภูมิของเตาเผาปูน (T_{cc}) อัตราการไหลของคิวปริกออกไซด์ (CuO) อัตราส่วนการแบ่งก๊าซมีเทนไปยังเตาปฏิรูป และอื่น ๆ ถูกสังเกตและวิเคราะห์ที่ความดันกระบวนการ 1 บรรยากาศ เพื่อประเมินตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของกระบวนการ ยกตัวอย่างเช่น อัตราการผลิตไฮโดรเจน ความบริสุทธิ์ของไฮโดรเจน อัตราการใช้ก๊าซมีเทน ความบริสุทธิ์ของไนโตรเจน อัตราการปล่อย CO_2 และสมดุลพลังงาน ของกระบวนการ ตัวเร่งปฏิกิริยาของการจำลองนี้คือนิกเกิลออกไซด์ (NiO) และคิวปริกออกไซด์ (CuO) มาพร้อมกับแคลเซียมออกไซด์ (CaO) ซึ่งเป็นตัวดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ วัตถุประสงค์คือ มีเทนบริสุทธิ์ร้อยละ 100 จำนวน 1 กิโลโมลต่อวินาที และ ไอน้ำเดือดยิ่งยวดที่ 150 องศาเซลเซียส 1 บรรยากาศ จำนวน 3 กิโลโมลต่อวินาที ชุดปรับเปลี่ยนแปลงทั้งหมดของกระบวนการจะถูกแปรผันตามอุณหภูมิปฏิรูปและอุณหภูมิออกซิไดซ์ที่ 450-900 องศาเซลเซียสและ

อัตราการไหลของแคลเซียมออกไซด์และทองแดงจะอยู่ระหว่าง 0-1.5 กิโลโมลต่อวินาที (แยกกัน) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาถึงผลของคิวปริกออกไซด์ส่วนเกิน โดยค้นพบแล้วว่าทองแดงส่วนเกินทำให้มีเทนเกิดการเผาไหม้แทนการปฏิรูป จากผลการจำลอง กระบวนการที่เหมาะสมที่สุดคือกระบวนการแยกก๊าซมีเทนบางส่วนไปเผา (กรณี C) โดยมีอุณหภูมิปฏิรูปและอุณหภูมิออกซิไดซ์ที่ 540 องศาเซลเซียส ความดันกระบวนการที่ 1 บรรยากาศและอัตราส่วนมีเทนที่แยกไปยังเตาปฏิรูปเป็น 0.74 (ดูผลมวลสารใหม่แล้ว) ทำให้ได้ไฮโดรเจนขาออกที่มีความบริสุทธิ์ร้อยละ 97.48 เป็นจำนวนสูงสุด 2.48444 กิโลโมลต่อวินาที มีประสิทธิภาพทางปริมาณสารสัมพันธ์ ร้อยละ 83.93 แปลงมีเทนได้ร้อยละ 97.40 ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 0.97253 กิโลโมลต่อวินาที ไนโตรเจนบริสุทธิ์ร้อยละ 99.94 เหลือค่าพลังงานพื้นฐานที่สมดุล -4.94 เมกะวัตต์ และเหลือค่าพลังงานขั้นสูงที่สมดุล -100 เมกะวัตต์ ในแง่ของทองแดงเมื่อเทียบกับนิกเกิล ซึ่งได้รับการยืนยันจากการคายความร้อนทั้งสองด้านของปฏิกิริยารีดอกซ์ในการผลิตไฮโดรเจน พบว่า คิวปริกออกไซด์ (CuO) จะสามารถออกซิไดซ์มีเทนได้ดีกว่านิกเกิลออกไซด์ (NiO) ซึ่งมีกระบวนการออกซิเดชันเพียงอย่างเดียวที่คายความร้อน ภายในกระบวนการเดียวกัน นอกจากนี้ ตัวแปรประสิทธิภาพของแต่ละกระบวนการมีพฤติกรรมแตกต่างกันไปตามความแปรปรวนของตัวแปรอิสระและรูปแบบของกระบวนการ ทำให้เกิดความแตกต่างของสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไฮโดรเจน

คำสำคัญ : การผลิตไฮโดรเจน, รีฟอร์มมิง, การปฏิรูปไอน้ำ, การจำลองกระบวนการ, การส่งเสริมด้วยการดูดซับ, มีเทน, เคมีคอลลูบปีง, ห่วงเคมี

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท

Name : Supasin Wuthikulphakdi

Project Title : Simulation of hydrogen production from sorption-enhanced chemical looping steam methane reforming

Major Field : Chemical Engineering, Faculty of Engineering
King Mongkut's University of Technology North
Bangkok

Project Advisor: Asst. prof. Dr. Suwimol Wongsakulphasach

Academic Year: 2017

(Total 59 Pages)

This thesis, using thermodynamic analysis, aims to study, simulate, analyze, optimize, improve and develop modifications for the sorption enhanced chemical looping steam reforming process, to find the optimal conditions for each modification in the hydrogen production. The influence of independent variables such as the reformer temperature (T_{rfr}), oxidizer temperature (T_{oxr}), calcinator temperature (T_{ccr}), the cupric oxide (CuO) flowrates, the methane split ratio to the reformer, and others were also observed and analysed at 1 atm. process pressure, to evaluate for process performance variables, for instance, the hydrogen output, the hydrogen purity, the methane conversion, the nitrogen purity, the CO₂ emission, and the process energy balance. The catalysts of this simulation are Nickel Oxide (NiO) and Cupric Oxide (CuO) coming along with Calcium Oxide (CaO) as the carbon dioxide adsorbent. The feedstocks are 1 kmol/s (kilomoles / second) of 100% pure methane and 3 kmol/s of 150°C, 1 atm. superheated steam. All process modifications are varied by the reforming and oxidizing temperatures of 450-900 °C and the calcium oxide and copper tear stream flowrate between 0-1.5 kmol/s each. The effects of excess cupric oxide are also studied, founding out that excess copper causes methane to combust, instead of reforming. Based on the simulation results, the most optimal process is the splitting methane process (Case C),

with the reforming and oxidation temperature of 540 ° C, the process pressure of 1 atm., and the split fraction to the reformer of 0.74, giving the maximum hydrogen production of 2.48444 kmol/s of 97.4761% pure hydrogen with 83.9338% stoichiometric efficiency, 97.3961% methane conversion, 0.97253 kmol/s carbon dioxide, 99.94% pure nitrogen, the balanced fundamental plantwide energy balance of -4.94 MW surplus and the advanced energy balance of -100 MW surplus. In terms of copper versus nickel, it was found that cupric oxide could better oxidize methane, confirmed by the exothermicity on both sides of redox in the hydrogen production than nickel oxide, whose only oxidation is exothermic, in the same process. In addition, the performance variables of each process behave differently according to the variance of the independent variables, and the form of the process, differentiating the right conditions for hydrogen production.

Keywords : Hydrogen production, steam reforming, process simulation, sorption enhanced, methane, chemical looping.